

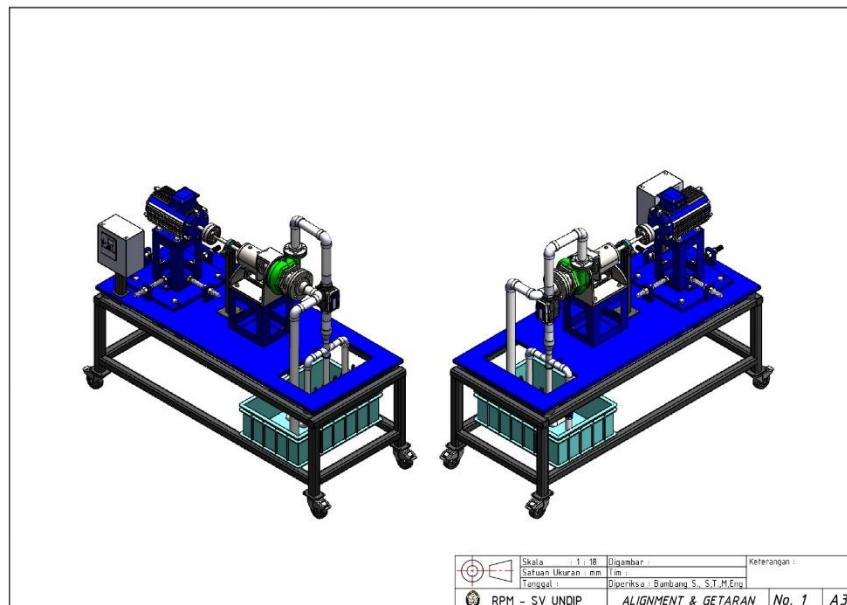
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

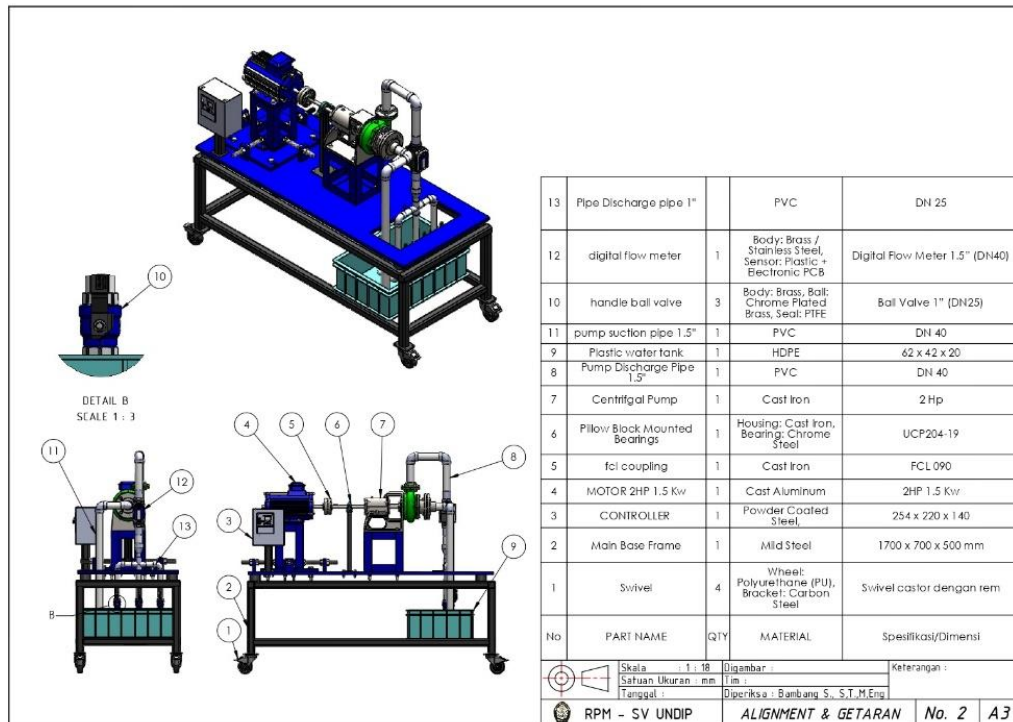
Pada bab ini merupakan hasil dan pembahasan setelah proses fabrikasi dan pengujian alat dilakukan. Bab ini akan membahas data-data *misalignment*, proses *Alignment* dengan metode *reverse dial*, hasil setelah *alignment* dan perbandingan getaran pada mesin ini.

4.1 Hasil Fabrikasi Alat Peraga *Alignment* dan Getaran

Pada subbab ini menampilkan hasil fabrikasi alat peraga alignment dan getaran.



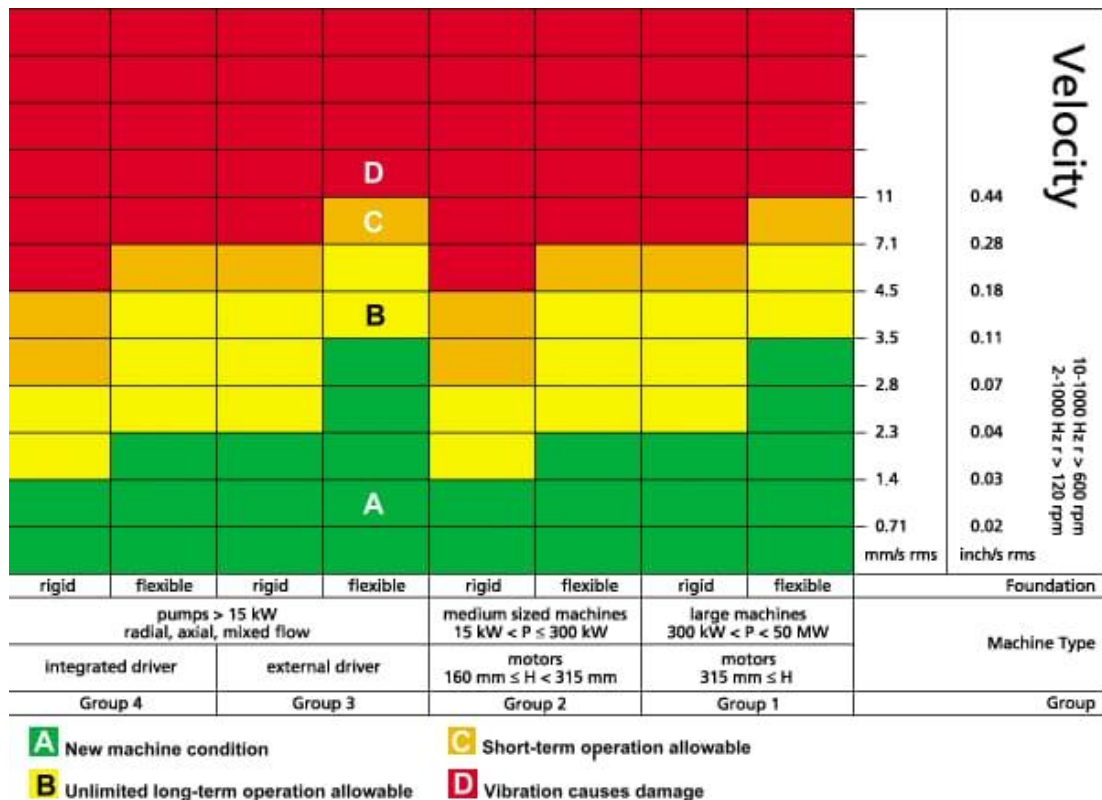
Gambar 4. 1 Desain Fabrikasi Alat peraga Alignment



Gambar 4. 2 Desain Fabrikasi Alat

4.2 Vibrasi Standar ISO 10186-3

Pada subbab ini standar ISO 10816-3 sebagai dasar dalam menganalisis hasil pengukuran getaran pada sistem motor – pompa. Standar ini digunakan untuk menentukan kondisi mesin berdasarkan besarnya nilai kecepatan getaran, sehingga dapat diketahui apakah mesin berada pada kondisi baik.



Gambar 4. 3 Standar ISO 10816-3

Keterangan gambar diatas :

Kelas IV = Komponen individu dari engine atau mesin yang secara integral terhubung dengan sebuah mesin yang lebih kompleks pada kondisi operasi normalnya (misal ; motor produksi dengan daya hingga 15 kW).

Kelas III = Mesin berukuran medium (biasanya motor elektrik dengan kapasitas keluaran 15 – 75 kW), tanpa pondasi spesial, atau mesin yang terikat kaku pada pondasi spesial (kapasitas keluaran hingga 300 kW)

Kelas II = Pengerak utama (prime mover) besar dan mesin-mesin besar lainnya yang memiliki bagian yang berputar (rotating mass)

terikat secara kaku pada pondasi berat, yang relatif kaku terhadap arah getaran.

Kelas I = Pengerak utama (prime mover) besar dan mesin-mesin besar lainnya yang memiliki bagian yang berputar (rotating mass) terikat pada pondasi, yang relatif lunak terhadap arah pengukuran vibrasi (sebagai contoh turbo generator dengan pondasi yang struktur bawahnya ringan).

Sedangkan A, B, C, D pada gambar 4.2 menunjukkan zona kriteria evaluasi yaitu:

Zona A, yaitu getaran pada mesin yang baru dipasang dan akan diserah terimakan

Zona B, yaitu getaran pada mesin yang dapat diterima dengan syarat mesin tidak boleh dioperasikan secara terus menerus/lama.

Zona C, yaitu getaran pada mesin yang dianggap tidak memuaskan untuk pengoperasian terus menerus untuk waktu yang lama. Umumnya mesin dioperasikan untuk waktu yang terbatas pada kondisi ini, sampai kesempatan untuk tindakan perbaikan dilakukan.

Zona D, yaitu nilai getaran yang dapat mengakibatkan kerusakan pada mesin.

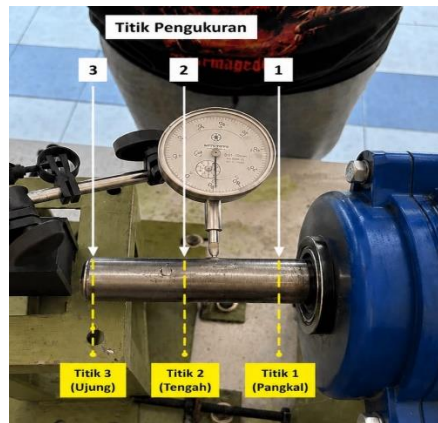
4.3 Data, Hasil, dan Pelaksanaan Metode Pra Alignment

Pada subbab ini disajikan hasil pelaksanaan metode pra-alignment yang meliputi pengukuran run out poros, pengukuran *misalignment* menggunakan metode reverse dial indicator, serta analisis data hasil pengukuran sebagai acuan dalam proses

alignment.

4.3.1 Data, Hasil *Run Out* Poros Motor

Hasil pengukuran run out shaft juga salah satu faktor yang penting sebelum melakukan shaft alignment. Mengingat panjangnya ukuran shaft, supaya dapat dipastikan benar benar lurus dari depan hingga belakang maka terdapat 3 titik pengukuran run out shaft. 3 titik itu ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Titik pengukuran poros motor listrik(satuan :mm)

Pengukuran di setiap titik juga dibagi menjadi 4 titik yaitu pada posisi jam 12, jam 3, jam 6 dan jam 9. Dari hasil pengukuran pada 3 titik diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran *run out* poros motor

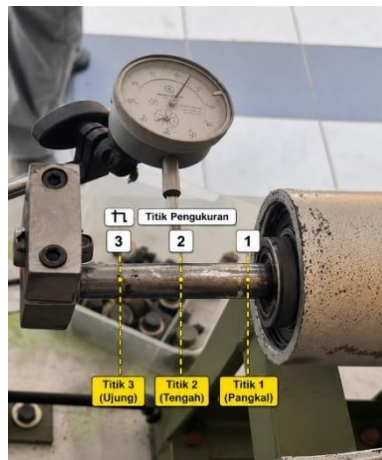
No	Posisi Pengukuran (°)	Titik pengukuran (mm)		
		Pangkal	Tengah	Ujung
1	0	0,00	0,00	0,00
2	90	0,05	-0,10	-0,10
3	180	0,10	-0,12	-0,12
4	270	0,05	-0,04	-0,04
Hasil data		0,10	0,12	0,12

Hasil pengecekan run out pada poros motor listrik dilakukan di 3 titik. Hasil

pengukuran dapat dilihat dari tabel 4.1. Untuk titik pangkal = 0,10 mm, titik tengah = 0,12 mm, dan titik ujung = 0,12 mm. Sebagai acuan untuk pra-alignment supaya alignment mendapat hasil yang terbaik. Jika sudah mengetahui masalah penyimpangan pada poros motor listrik (driver) kemudian lakukan metode kesejajaran kopling (alignment).

4.3.2 Data, Hasil *Run Out* Poros Pompa

Hasil pengukuran run out shaft juga salah satu faktor yang penting sebelum melakukan shaft alignment. Mengingat panjangnya ukuran shaft, supaya dapat dipastikan benar benar lurus dari depan hingga belakang maka terdapat 3 titik pengukuran run out shaft. 3 titik itu ditunjukkan pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Titik pengukuran poros pompa(satuan:mm)

Pengukuran di setiap titik juga dibagi menjadi 4 titik yaitu pada posisi jam 12, jam 3, jam 6 dan jam 9. Dari hasil pengukuran pada 3 titik diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4. 2 Hasil pengukuran *run out* poros pompa

No	Posisi Pengukuran (°)	Titik pengukuran (mm)		
		Pangkal	Tengah	Ujung
1	0	0,00	0,00	0,00
2	90	0,04	-0,4	0,12
3	180	0,14	-0,12	0,21
4	270	0,03	0,14	0,09
Hasil data		0,14	0,14	0,21

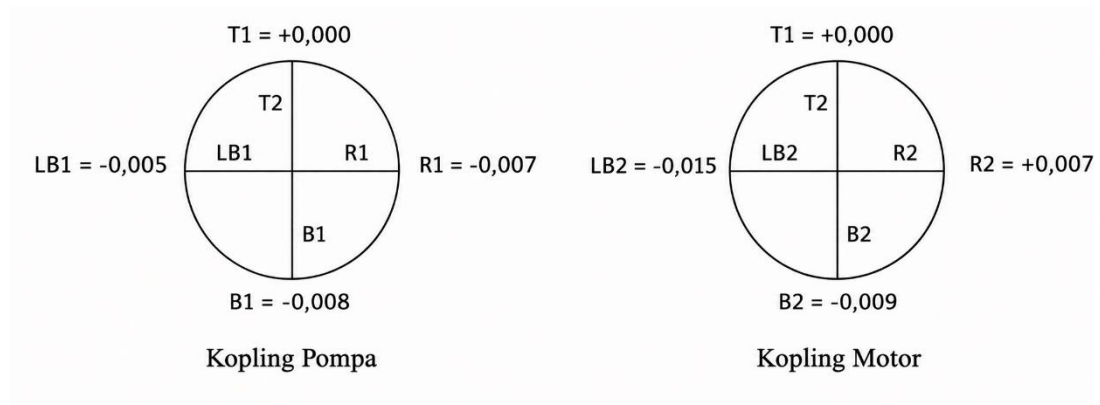
Hasil pengukuran berdasarkan tabel diatas nilai rata rata yang diperoleh untuk 3 titik pada poros pompa. Hasil pengukuran dapat dilihat dari tabel 4.2. Untuk titik pangkal = 0,14 mm, titik tengah = 0,14 mm, dan titik ujung = 0,21 mm.

4.4 Hasil dan Pelaksanaan Metode *Alignment*

Hasil pengukuran alignment dilakukan berdasarkan metode pengukuran sesuai dengan yang dicantumkan pada metodologi tugas akhir tentang metode pengambilan data. Metode tersebut menghasilkan :

4.4.1 Pembacaan Data Actual Alignment

Pengukuran actual alignment dilakukan untuk mengetahui kondisi awal keselarasan poros (*shaft alignment*) antara motor listrik dan pompa sebelum dilakukan proses koreksi. Pengukuran dilakukan menggunakan metode reverse dial indicator pada empat posisi pengukuran, yaitu 0°, 90°, 180°, dan 270°. Hasil pengukuran digunakan sebagai dasar dalam menentukan besarnya *misalignment* yang terjadi.



Gambar 4. 6 Data *actual Alignment* (satuan : mm)

Pada pengukuran *shaft alignment* menggunakan reverse dial indicator, simbol T, LB, R, dan B menunjukkan posisi pembacaan dial indicator pada saat kopling diputar satu putaran penuh. Masing-masing posisi memiliki fungsi sebagai berikut:

a) T (Top)

Merupakan posisi pembacaan dial indicator pada bagian atas kopling atau posisi 0° (jam 12). Nilai pada posisi ini digunakan sebagai salah satu acuan untuk menghitung besarnya ketidakselarasan (*misalignment*) pada poros.

b) LB (Left)

Merupakan posisi pembacaan pada bagian kiri kopling atau posisi 90° (jam 9). Nilai ini digunakan untuk mengetahui penyimpangan poros pada arah horizontal dan dibandingkan dengan posisi kanan.

c) R (Right)

Merupakan posisi pembacaan pada bagian kanan kopling atau posisi 270° (jam 3). Nilai pada posisi ini dipasangkan dengan nilai pada posisi kiri (LB) untuk menentukan besarnya *misalignment* pada bidang horizontal.

d) B (Bottom)

Merupakan posisi pembacaan pada bagian bawah kopling atau posisi 180° (jam 6). Nilai ini dibandingkan dengan posisi atas (T) untuk mengetahui besarnya *misalignment* pada bidang vertikal.

Tabel 4. 3 Data *actual* kopling pompa (satuan : mm)

T 1 0 °	L1 90 °	B1 180 °	R1 270 °
0,000	-0,005	-0,008	-0,007

Berdasarkan Tabel 4.3, nilai pembacaan pada kopling pompa menunjukkan nilai sebesar 0,000 mm pada posisi 0°, -0,005 mm pada posisi 90°, -0,008 mm pada posisi 180°, dan -0,007 mm pada posisi 270°. Perbedaan nilai pembacaan pada setiap posisi menunjukkan bahwa kondisi poros belum berada pada satu sumbu sehingga masih terdapat *misalignment*.

Tabel 4. 4 Data *actual* kopling motor(satuan : mm)

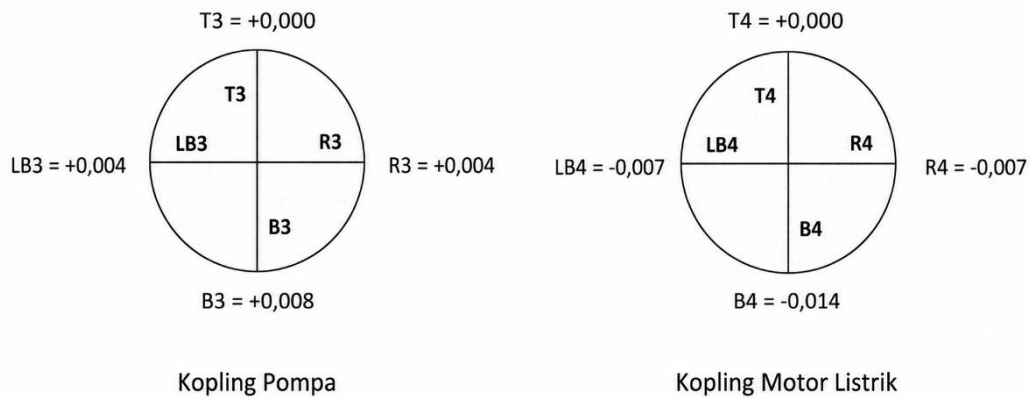
T 2 0 °	L2 90 °	B2 180 °	R2 270 °
0,000	-0,015	-0,009	+0,007

Berdasarkan Tabel 4.4, nilai pembacaan pada kopling motor menunjukkan nilai sebesar 0,000 mm pada posisi 0°, -0,015 mm pada posisi 90°, -0,009 mm pada posisi 180°, dan +0,007 mm pada posisi 270°. Nilai yang berbeda pada setiap posisi menunjukkan adanya penyimpangan posisi poros terhadap sumbu putarnya.

4.4.2 Pembacaan Data Desired Alignment

Pengukuran *desired Alignment* dilakukan setelah proses penyetelan posisi motor berdasarkan hasil perhitungan *Alignment*. Tujuan pengukuran ini adalah untuk

mengetahui apakah posisi poros motor dan pompa telah berada pada kondisi yang mendekati segaris (*aligned*). Pengukuran dilakukan menggunakan metode *reverse dial indicator* pada empat posisi pengukuran, yaitu 0°, 90°, 180°, dan 270°.



Gambar 4. 7 Data *desired Alignment* (satuan : mm)

Pada pengukuran data *desired* ini simbol T, LB, R, dan B menunjukkan posisi pembacaan *dial indicator* pada saat kopling diputar satu putaran penuh sesuai dengan pembacaan data *actual* sebelumnya.

Tabel 4. 5 Data *desired* kopling pompa

T 3 0 °	L3 90 °	B3 180 °	R3 270 °
0,000	+ 0,004	+ 0,008	+0,004

Berdasarkan Tabel 4.5, hasil data *desired* pada kopling pompa diperoleh nilai sebesar 0,000 mm pada posisi 0°, +0,004 mm pada posisi 90°, +0,008 mm pada posisi 180°, dan +0,004 mm pada posisi 270°. Nilai pembacaan pada setiap posisi relatif kecil dan mendekati nol, sehingga menunjukkan bahwa penyimpangan posisi poros telah berkurang dibandingkan kondisi *actual Alignment*. Hal ini menunjukkan proses

penyetelan telah memberikan hasil yang baik.

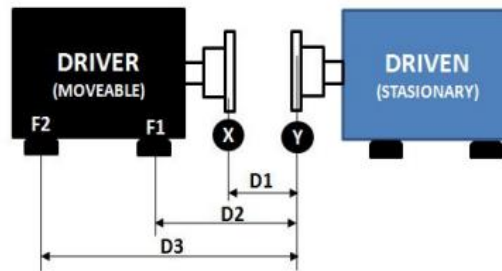
Tabel 4. 6 Data *desired* kopling motor

T 4 0 °	L4 90 °	B4 180 °	R4 270 °
0,000	-0,007	-0,014	-0,007

Berdasarkan Tabel 4.6, hasil data *desired* pada kopling motor listrik diperoleh nilai sebesar 0,000 mm pada posisi 0°, -0,007 mm pada posisi 90°, -0,014 mm pada posisi 180°, dan -0,007 mm pada posisi 270°. Nilai pembacaan pada setiap posisi relatif kecil dan mendekati nol. Hal ini menunjukkan bahwa penyimpangan posisi poros telah berkurang setelah dilakukan proses *Alignment*.

4.5 Perhitungan Numerik Alignment Metode Reverse Dial Indicator

Perhitungan numerik *Alignment* dilakukan berdasarkan diagram metode *reverse dial indicator* yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 8 Diagram metode *shaft Alignment*

Keterangan:

- X = Titik pengukuran pada sisi kopling motor.
- Y = Titik pengukuran pada sisi kopling pompa.
- D1 = Jarak antara titik pengukuran X dan Y.

- d) D2 = Jarak dari kaki depan motor (F1) menuju Y.
- e) D3 = Jarak dari kaki belakang motor (F2) menuju Y.

Dari diagram diatas dapat diketahui bahwa niali D1, D2, dan D3 adalah:

Tabel 4. 7 Data D1, D2, D3 (satuan : mm)

D1	D2	D3
35	170	290

Nilai yang terdapat pada tabel merupakan jarak-jarak yang digunakan dalam proses perhitungan vertikal maupun horizontal.

4.5.1 Perhitungan Arah Vertikal (*Vertikal Movement*)

Dalam perhitungan koreksi *Alignment* ini, akan dilakukan langsung antara pembacaan *actual* terhadap *desired*. Langkah-langkah perhitungan secara numerik untuk posisi vertikal adalah sebagai berikut:

1. Menghitung *vertical offset* antara *desired* dan *actual* untuk mesin *stasionary* (driven)

$$V1 = Y$$

$$V1 = \frac{(B3-B1)}{2}$$

$$V1 = \frac{(0,008-(-0,008))}{2}$$

$$V1 = + 0,008 \text{ mm}$$

2. Menghitung *Vertical offset* antara *desired* dan *actual* untuk mesin *moveable* (driver).

$$V2 = X + Y$$

$$V2 = \frac{(B4-B2)}{2} + V1$$

$$V2 = \frac{(-0,014 - (-0,009))}{2} + 0,008 \text{ mm}$$

$$V2 = + 0,015 \text{ mm}$$

3. Menghitung nilai koreksi untuk *shim* pada kaki mesin bagian depan F1.

$$F1 = \frac{(V2 - D2)}{D1} - V1$$

$$F1 = \frac{(+0,015) \cdot (170)}{35} - 0,008 \text{ mm}$$

$$F1 = \frac{2,55}{35} - 0,008 \text{ mm}$$

$$F1 = + 0,064 \text{ mm}$$

Artinya tambah *shim* pada kaki depan motor sebesar **+ 0,064 mm**

4. Menghitung nilai koreksi untuk *shim* pada kaki mesin bagian belakang F2

$$F2 = \frac{(V2 - D3)}{D1} - V1$$

$$F2 = \frac{(+0,015) \cdot (290)}{35} - 0,008 \text{ mm}$$

$$F2 = \frac{4,35}{35} - 0,008 \text{ mm}$$

$$F2 = + 0,116 \text{ mm}$$

Artinya tambah *shim* pada kaki belakang motor sebesar **+0,116 mm**

Dari data perhitungan didapat nilai koreksi pada masing-masing kaki mesin/motor. Untuk hasil nilai positif berarti harus ditambahkan shim dan untuk hasil nilai negatif berarti shim harus dikurangi.

4.5.2 Perhitungan Arah Horizontal (*Horizontal Movement*)

Langkah-langkah perhitungan secara numerik untuk posisi *horizontal* adalah sebagai berikut:

1. Menghitung *horizontal offset* antara *desired* dan *actual* untuk mesin

stationary (driven).

$$\mathbf{H1 = Y}$$

$$H1 = \frac{((R3-L3)-(R1-L1))}{2}$$

$$H1 = \frac{((0,004)-(0,004))-((-0,007-0,005))}{2}$$

$$H1 = \frac{(-0,012)}{2}$$

$$H1 = - 0,006 \text{ mm}$$

2. Menghitung *horizontal offset* antara *desired* dan *actual* untuk mesin *moveable (driver)*

$$\mathbf{H2 = X+Y}$$

$$H2 = \frac{((R4-L4)-(R2-L2))}{2} + H1$$

$$H2 = \frac{((0,007-(-0,007))-(+0,007-(-0,015))}{2} + H1$$

$$H2 = \frac{0,011}{2} + (-0,006)$$

$$H2 = - 0,005 \text{ mm}$$

3. Menghitung *horizontal* pada kaki mesin bagian depan F1

$$\mathbf{F1 = \frac{(H2).(D2)}{D1} - H1}$$

$$F1 = \frac{(-0,005).(170)}{35} - (-0,006)$$

$$F1 = \frac{0,85}{35} - (-0,006)$$

$$F1 = + \mathbf{0,030 \text{ mm}}$$
 geser ke arah kiri

4. Menghitung *horizontal* pada kaki mesin bagian belakang F2

$$\mathbf{F2 = \frac{(H2).(D3)}{D1} - H1}$$

$$F2 = \frac{(-0,005).(290)}{35} - (-0,006)$$

$$F2 = \frac{1,45}{35} - (-0,006)$$

F2 = + **0,047 mm** geser ke arah kiri

Dari data perhitungan didapat nilai koreksi pada masing-masing kaki mesin/motor. Untuk hasil nilai positif berarti harus digeser ke arah kiri dan untuk hasil nilai negatif berarti harus digeser ke arah kanan.

4.6 Data Hasil Pengukuran *Alignment*

Berdasarkan hasil pengukuran *Alignment* menggunakan metode *reverse dial indicator*, diperoleh bahwa kondisi awal (*actual*) antara poros motor listrik sebagai driver dan poros pompa sebagai driven masih mengalami penyimpangan baik pada arah vertikal maupun horizontal. Hasil perhitungan menunjukkan nilai *vertical offset* sebesar +0,008 mm pada mesin stasioner dan +0,015 mm pada mesin yang dapat digerakkan. Dari hasil tersebut diperoleh kebutuhan koreksi penambahan shim pada kaki depan motor (F1) sebesar +0,064 mm dan pada kaki belakang motor (F2) sebesar +0,116 mm.

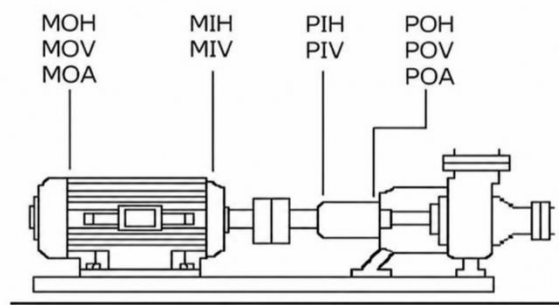
Selain itu, hasil perhitungan pada arah horizontal menunjukkan *horizontal offset* sebesar -0,006 mm pada mesin stasioner dan -0,005 mm pada mesin yang dapat digerakkan. Berdasarkan nilai tersebut, motor perlu digeser ke arah kiri dengan besar pergeseran +0,030 mm pada kaki depan (F1) dan +0,047 mm pada kaki belakang (F2) agar posisi kedua poros berada pada satu garis sumbu.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kondisi awal sistem kopling belum memenuhi kondisi *Alignment* yang diinginkan sehingga diperlukan tindakan koreksi berupa penambahan *shim* pada kaki motor dan pergeseran posisi motor ke arah kiri sesuai hasil perhitungan. Setelah koreksi tersebut diterapkan,

diharapkan posisi poros motor dan pompa menjadi alignment sehingga dapat mengurangi getaran.

4.7 Pengambilan Data Getaran

Pengambilan data getaran diambil di sepuluh titik pengukuran dengan jenis karakteristik getaran kecepatan (*velocity*), hal ini berdasarkan pada pembahasan tinjauan pustaka bahwa *velocity* adalah satu indikator yang paling baik untuk mengetahui masalah vibrasi pada kondisi *misalignment*. Berikut adalah bagian-bagian yang akan diukur.



Gambar 4. 9 Posisi titik pengukuran getaran motor - pompa

(Sumber: Modul 4 – Alignment-Getaran)

Motor listrik yang digunakan adalah motor listrik 3 fasa dengan kapasitas daya 1,5 kW atau 2 Hp dengan putaran 2850 rpm dan frekuensi 50 Hz. Variasi pengukuran getaran yang dilakukan menggunakan alat ukur getaran (*vibration meter*) untuk mengukur *vibration velocity* (mm/s).

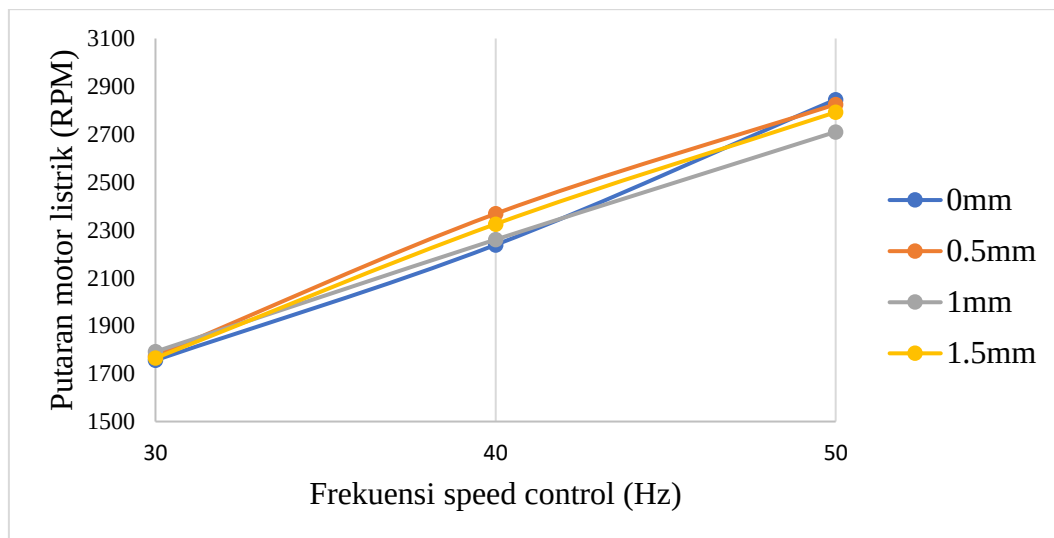
4.7.1 Hasil Pengukuran Data Frekuensi – Putaran Motor Listrik(rpm)

Hasil pengukuran data frekuensi – Putaran motor (rpm) pada bukaan katup 30°,

60°, 90° dan variasi *misalignment* 0 mm, 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm ditunjukkan pada tabel dan disertai dengan grafik sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Data Frekuensi – Putaran Motor (rpm) pada bukaan katup 30° variasi pergeseran paralel motor

No	Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)			
		0 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm
1	30	1756	1774	1792	1765
2	40	2238	2368	2260	2325
3	50	2845	2825	2710	2795



Gambar 4. 10 Grafik Frekuensi terhadap putaran motor listrik(rpm) pada bukaan katup 30°

Dari gambar 4.10 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh putaran motor listrik pada bukaan katup 30°.

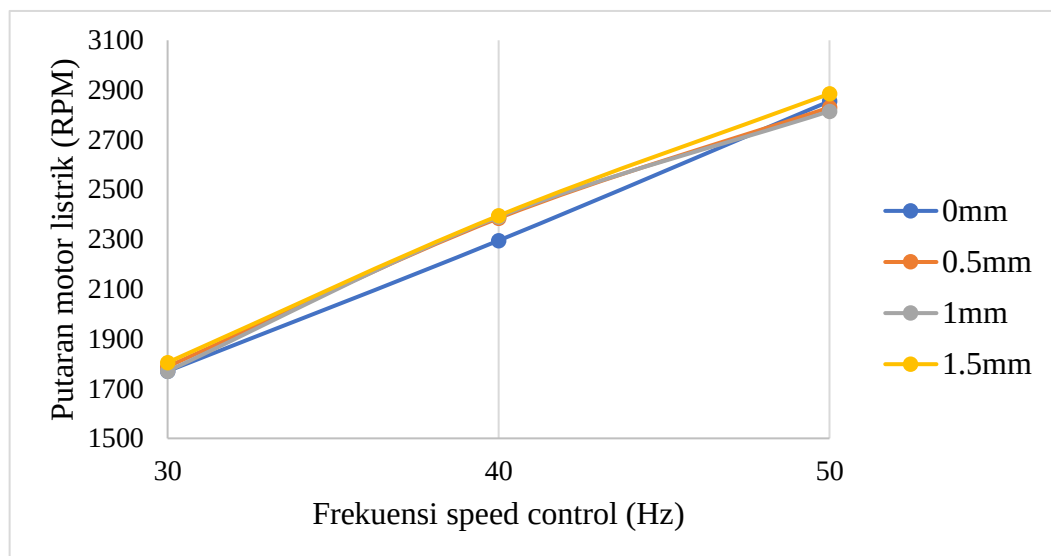
- Peningkatan frekuensi dari 30 Hz menjadi 50 Hz menyebabkan putaran motor listrik meningkat pada seluruh kondisi *misalignment*. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi berbanding lurus dengan putaran motor.
- Variasi *misalignment* 0 mm, 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm tidak memberikan

perbedaan putaran motor yang signifikan. Putaran motor lebih dipengaruhi oleh perubahan frekuensi daripada besarnya *misalignment*.

- c. Semakin tinggi frekuensi dan putaran motor, semakin besar potensi peningkatan getaran mesin.

Tabel 4. 9 Data Frekuensi – Putaran Motor (rpm) pada bukaan katup 60 ° variasi pergeseran paralel motor

No	Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)			
		0 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm
1	30	1770	1788	1770	1805
2	40	2295	2385	2390	2395
3	50	2855	2830	2815	2885



Gambar 4. 11 Grafik Frekuensi terhadap putaran motor listrik(rpm) pada bukaan katup 60°

Dari gambar 4.11 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh putaran motor listrik pada bukaan katup 60°.

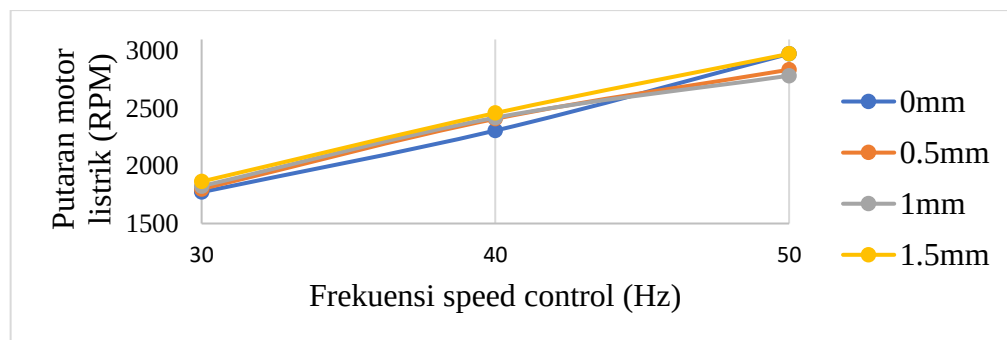
- a. Pada bukaan katup 60°,peningkatan frekuensi dari 30 Hz menjadi 50 Hz menyebabkan putaran motor listrik meningkat pada seluruh kondisi

misalignment. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi berbanding lurus dengan putaran motor.

- b. Variasi *misalignment* 0 mm, 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm hanya memberikan perbedaan putaran yang relatif kecil. Dengan demikian, perubahan putaran motor lebih dipengaruhi oleh kenaikan frekuensi dibandingkan oleh besarnya *misalignment*.
- c. Semakin tinggi frekuensi dan putaran motor, semakin besar potensi peningkatan getaran pada mesin.

Tabel 4. 10 Data Frekuensi – Putaran Motor (rpm) pada bukaan katup 90 ° variasi pergeseran paralel motor

No	Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)			
		0 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm
1	30	1773	1800	1825	1865
2	40	2308	2410	2420	2460
3	50	2975	2837	2785	2975



Gambar 4. 12 Grafik Frekuensi terhadap putaran motor listrik(rpm) pada bukaan katup 90°

Dari gambar 4.12 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh putaran motor listrik pada bukaan katup 90°.

- a. Pada bukaan katup 90°, pada frekuensi 30 Hz, putaran motor meningkat

dari 1773 (0mm) menjadi 18665 rpm (1,5mm). dan pada 40 Hz putaran motor menjadi 2308 – 2460 rpm, sedangkan pada 50 Hz mencapai 2785-2975 rpm.

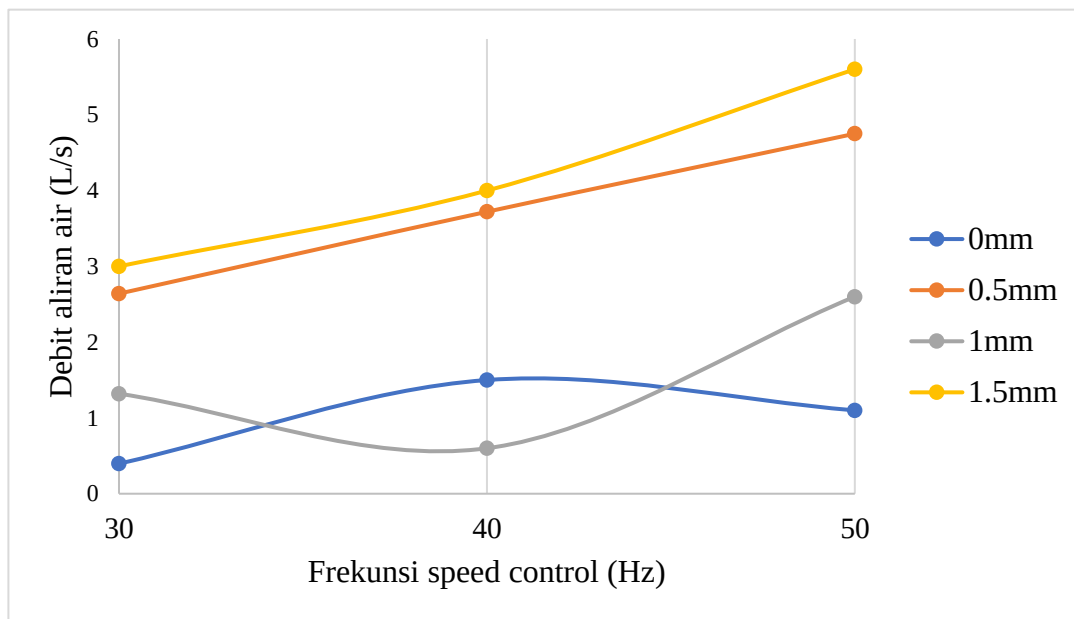
- b. Variasi *misalignment* 0 mm, 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm hanya memberikan perbedaan putaran yang lebih relatif kecil. Dengan demikian, kenaikan putaran motor lebih dipengaruhi oleh peningkatan frekuensi dibandingkan oleh besarnya *misalignment*.
- c. Semakin tinggi frekuensi hingga 50 Hz, semakin besar potensi terjadinya peningkatan getaran pada mesin.

4.7.2 Hasil Pengukuran Data Frekuensi – Debit aliran (L/s)

Hasil pengukuran data frekuensi – Debit aliran pada bukaan katup 30°, 60°, 90° dan variasi *misalignment* 0 mm, 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm ditunjukkan pada tabel dan disertai dengan grafik sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Data Frekuensi – Debit aliran pada bukaan katup 30 °

No	Frekuensi (Hz)	Debit aliran(L/s)			
		0 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm
1	30	0,396	2,64	1,32	3
2	40	1,5	3,72	0.6	4
3	50	1.1	4,75	2,6	5,6



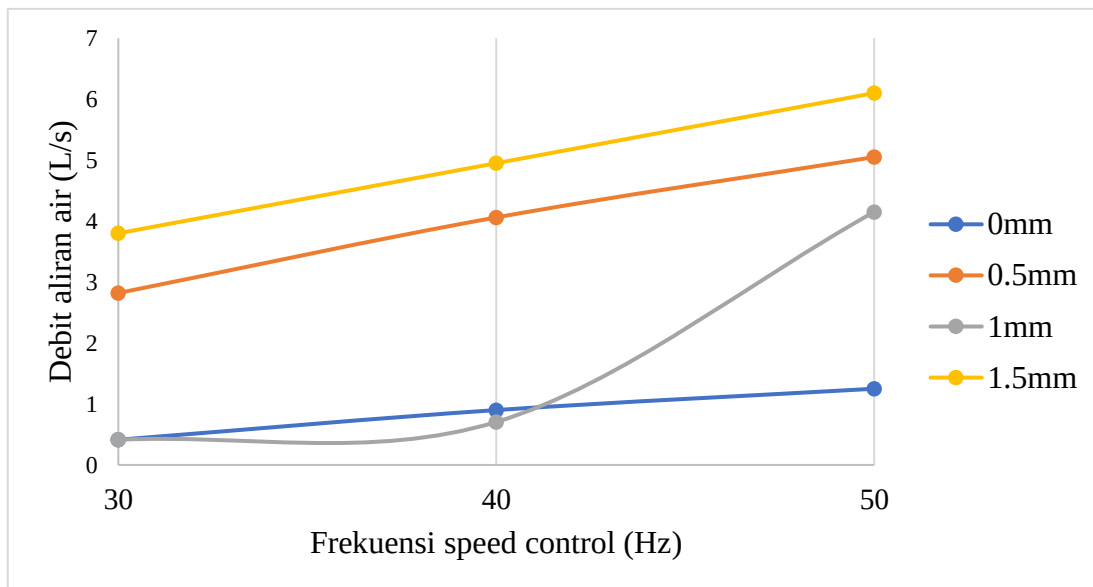
Gambar 4. 13 Grafik Frekuensi terhadap Debit aliran pada bukaan katup 30°

Dari gambar 4.13 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh debit aliran pada bukaan katup 30°.

- Pada bukaan katup 30° , peningkatan frekuensi dari 30 Hz menjadi 50 Hz cenderung meningkatkan debit aliran pada sebagian besar kondisi *misalignment*. Debit tertinggi terjadi pada *misalignment* 1,5 mm, yaitu meningkat dari 3,0 L/s pada 30 Hz menjadi 5,6 L/s pada 50 Hz. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan frekuensi menyebabkan kapasitas aliran pompa semakin besar.
- Variasi *misalignment* mempengaruhi besar debit aliran yang dihasilkan. Pada frekuensi 50 Hz, debit tertinggi diperoleh pada *misalignment* 1,5 mm (5,6 L/s), sedangkan debit terendah terjadi pada *misalignment* 0 mm(1,1 L/s). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kondisi *misalignment* menyebabkan debit aliran yang dihasilkan tidak seragam pada setiap frekuensi.

Tabel 4. 12 Data Frekuensi – Debit aliran pada bukaan katup 60°

No	Frekuensi (Hz)	Debit aliran(L/s)			
		0 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm
1	30	0.413	2.82	0.413	3.8
2	40	0.9	4.06	0.705	4.95
3	50	1.25	5.05	4.15	6.1



Gambar 4. 14 Grafik Frekuensi terhadap Debit aliran pada bukaan katup 60°

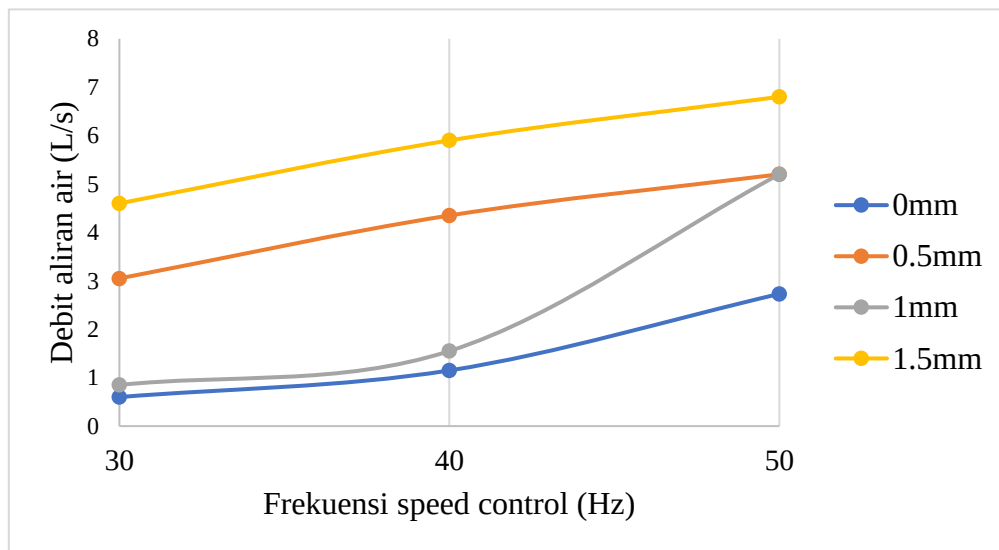
Dari gambar 4.14 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh debit aliran pada bukaan katup 60°.

- Pada bukaan katup 60°, peningkatan frekuensi dari 30 Hz menjadi 50 Hz meningkatkan debit aliran. Debit pada *misalignment* 0,5 mm meningkat dari 2,52 L/s menjadi 5,05 L/s, sedangkan pada *misalignment* 1,5 mm meningkat dari 3,80 L/s menjadi 6,10 L/s. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi, semakin besar debit aliran yang dihasilkan pompa.
- Variasi *misalignment* memengaruhi besarnya debit aliran pada setiap

frekuensi. Pada 50 Hz, debit tertinggi diperoleh pada *misalignment* 1,5 mm sebesar 6,10 L/s, sedangkan debit terendah terjadi pada *misalignment* 0 mm sebesar 1,25 L/s. Sementara itu, pada *misalignment* 1 mm, debit meningkat cukup signifikan dari 0,413 L/s pada 30 Hz menjadi 4,15 L/s pada 50 Hz.

Tabel 4. 13 Data Frekuensi – Debit aliran pada bukaan katup 90°

No	Frekuensi (Hz)	Debit aliran(L/s)			
		0 mm	0,5 mm	1 mm	1,5 mm
1	30	0.6	3.05	0.85	4.6
2	40	1.15	4.35	1.55	5.9
3	50	2.73	5.2	5.2	6.8



Gambar 4. 15 Grafik Frekuensi terhadap Debit aliran pada bukaan katup 90°

Dari gambar 4.15 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh debit aliran pada bukaan katup 90°.

- Pada bukaan katup 90°, peningkatan frekuensi dari 30 Hz menjadi 50 Hz meningkatkan debit aliran. Debit pada *misalignment* 0 mm meningkat dari 0,60 L/s menjadi 2.73 L/s, sedangkan pada *misalignment* 0,5 mm dari 3,05

L/s menjadi 5,20 L/s, pada 1 mm dari 0,85 L/s menjadi 5,20 L/s dan pada 1,5 mm dari 4,60 L/s menjadi 6,80 L/s. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi frekuensi, semakin besar debit aliran yang dihasilkan pompa.

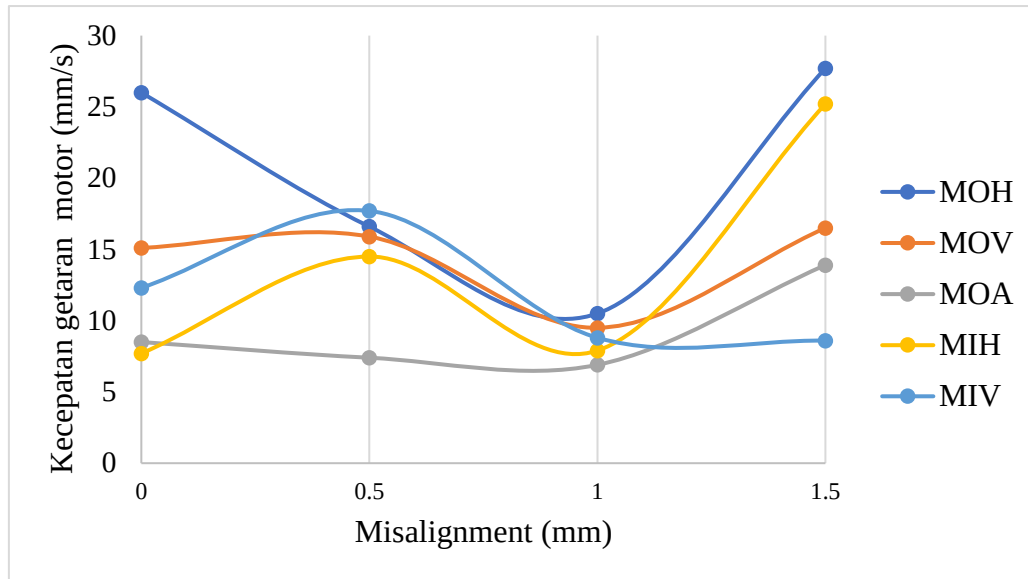
- b. Pengaruh *misalignment* terlihat pada besarnya debit aliran yang dihasilkan. Pada frekuensi 50 Hz, debit tertinggi diperoleh pada *misalignment* 1,5 mm sebesar 6,80 L/s, sedangkan debit terendah terjadi pada *misalignment* 0 mm sebesar 2,73 L/s. Hal ini menunjukkan bahwa setiap kondisi *misalignment* menghasilkan debit aliran yang berbeda pada frekuensi yang sama.

4.7.3 Hasil Pengukuran *Misalignment* – Kecepatan getaran motor listrik (mm/s)

Hasil pengukuran data *misalignment* – kecepatan getaran pada frekuensi 30, 40, 50 Hz dan variasi *misalignment* 0 mm, 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm ditunjukkan pada tabel dan disertai dengan grafik sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Data *misalignment* – kecepatan getaran motor listrik 30 Hz

No	<i>Misalignment</i>	Kecepatan getaran Motor (mm/s)				
		MOH	MOV	MOA	MIH	MIV
1	0	26	15.1	8.5	7.7	12.3
2	0.5	16.6	15.9	7.4	14.5	17.7
3	1	10.5	9.5	6.9	7.9	8.8
4	1.5	27.7	16.5	13.9	25.2	8.6



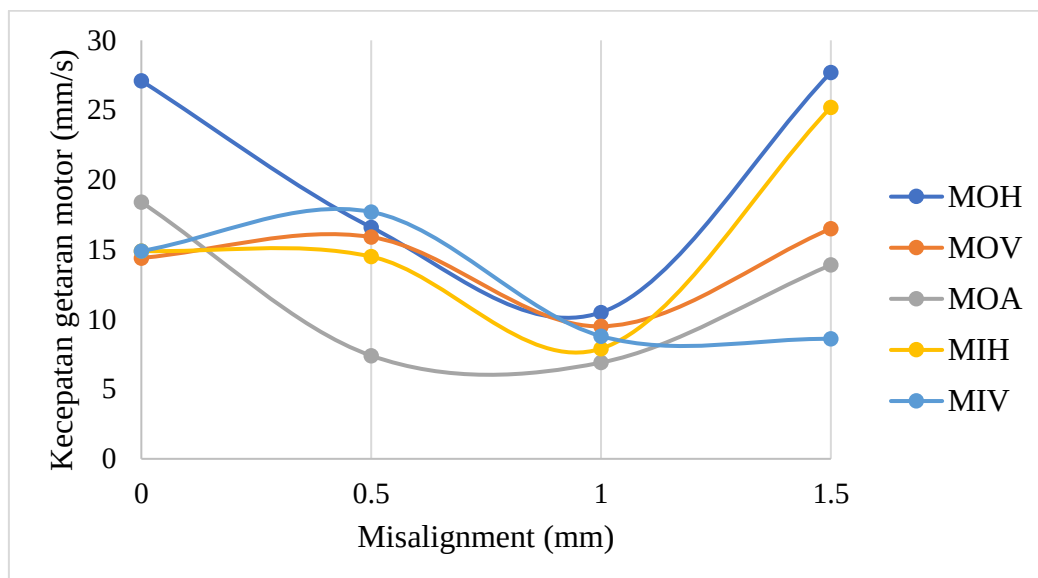
Gambar 4. 16 Grafik misalignment terhadap kecepatan getaran motor listrik dengan frekuensi 30 Hz

Dari gambar 4.16 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment* terhadap kecepatan getaran motor listrik dengan frekuensi 30 Hz.

- Pada frekuensi 30 Hz, perubahan *misalignment* memengaruhi nilai kecepatan getaran pada setiap titik pengukuran. Nilai getaran tertinggi terjadi pada *misalignment* 1,5 mm, yaitu MOH sebesar 27,7 mm/s dan MIH sebesar 25,2 mm/s, sedangkan nilai terendah terjadi pada MOA sebesar 6,9 mm/s pada *misalignment* 1 mm.
- Berdasarkan ISO 10816 , sebagian besar nilai kecepatan getaran berada pada Zona D (>11,2 mm/s), seperti MOH, MOV, MIH, dan MIV, sedangkan MOA pada *misalignment* 1 mm (6,9 mm/s) masih berada pada Zona B (2,8–7,1 mm/s). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan *misalignment* cenderung meningkatkan tingkat keparahan getaran motor.
- Hasil tersebut menunjukkan bahwa *misalignment* berpengaruh terhadap peningkatan kecepatan getaran motor, terutama pada titik pengukuran MOH dan MIH, yang mengalami nilai getaran paling tinggi.

Tabel 4. 15 Data *misalignment* - kecepatan getaran motor listrik 40 Hz

No	<i>Misalignment</i>	Kecepatan getaran Motor (mm/s)				
		MOH	MOV	MOA	MIH	MIV
1	0	27.1	14.4	18.4	14.9	14.9
2	0.5	16.6	15.9	7.4	14.5	17.7
3	1	10.5	9.5	6.9	7.9	8.8
4	1.5	27.7	16.5	13.9	25.2	8.6



Gambar 4. 17 Grafik *misalignment* terhadap kecepatan getaran motor listrik dengan frekuensi 40 Hz

Dari gambar 4.17 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment* terhadap kecepatan getaran motor listrik dengan frekuensi 40 Hz.

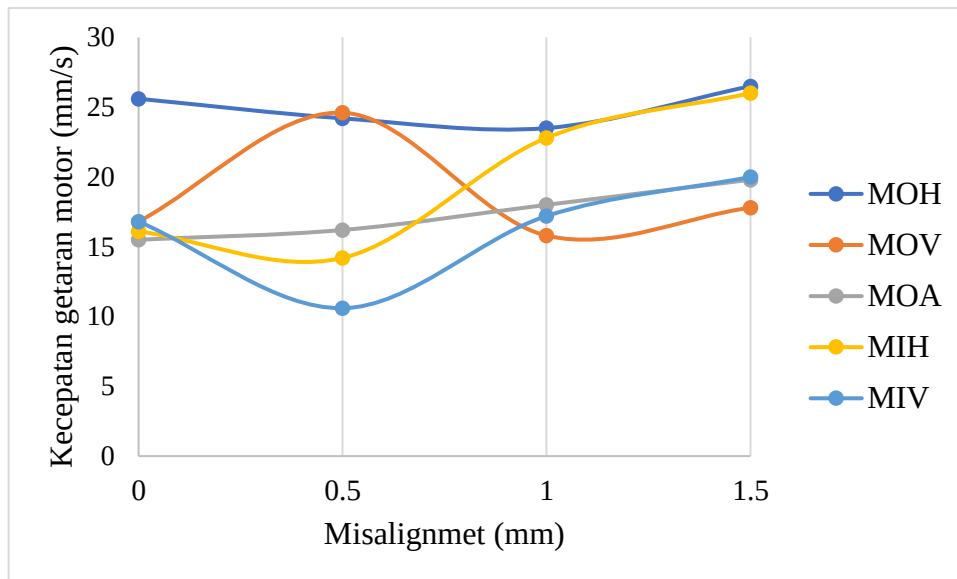
- Pada frekuensi 40 Hz, perubahan *misalignment* menyebabkan nilai kecepatan getaran berubah pada setiap titik pengukuran. Nilai tertinggi terjadi pada MOH sebesar 27,7 mm/s dan MIH sebesar 25,2 mm/s saat *misalignment* 1,5 mm.
- Nilai kecepatan getaran cenderung menurun pada *misalignment* 1 mm,

kemudian kembali meningkat pada *misalignment* 1,5 mm. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan *misalignment* berpengaruh terhadap kenaikan getaran motor.

- c. Berdasarkan ISO 10816, sebagian besar nilai getaran berada pada Zona D (>11,2 mm/s). Hanya MOA (6,9 mm/s) pada *misalignment* 1 mm yang berada pada Zona B (2,8–7,1 mm/s), sedangkan MIH (7,9 mm/s) dan MIV (8,8 mm/s) berada pada Zona C (7,1–11,2 mm/s).
- d. Titik pengukuran MOH dan MIH menunjukkan nilai getaran paling tinggi dibandingkan titik lainnya, sehingga kedua titik tersebut paling dipengaruhi oleh kondisi *misalignment*.

Tabel 4. 16 Data *misalignment* - kecepatan getaran motor listrik 50 Hz

No	<i>Misalignment</i>	Kecepatan getaran Motor (mm/s)				
		MOH	MOV	MOA	MIH	MIV
1	0	25.6	16.8	15.5	16.1	16.8
2	0.5	24.2	24.6	16.2	14.2	10.6
3	1	23.5	15.8	18.0	22.8	17.2
4	1.5	26.5	17.8	19.8	26.0	20.0



Gambar 4. 18 Grafik misalignment terhadap kecepatan getaran motor listrik dengan frekuensi 50 Hz

Dari gambar 4.18 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment* terhadap kecepatan getaran motor listrik dengan frekuensi 50 Hz.

- Pada frekuensi 50 Hz, perubahan *misalignment* menyebabkan nilai kecepatan getaran motor berubah pada setiap titik pengukuran. Nilai tertinggi terjadi pada MOH sebesar 26,5 mm/s dan MIH sebesar 26,0 mm/s saat *misalignment* 1,5 mm.
- Seiring bertambahnya *misalignment*, nilai getaran pada beberapa titik, seperti MOA dan MIH, cenderung meningkat. Pada MOA, getaran naik dari 15,5 mm/s menjadi 19,8 mm/s, sedangkan MIH meningkat dari 16,1 mm/s menjadi 26,0 mm/s.
- Berdasarkan ISO 10816, seluruh nilai kecepatan getaran berada di atas 11,2 mm/s sehingga termasuk Zona D, kecuali MIV pada *misalignment* 0,5 mm sebesar 10,6 mm/s yang masih berada pada Zona C.
- Titik pengukuran MOH dan MIH menunjukkan nilai getaran paling tinggi

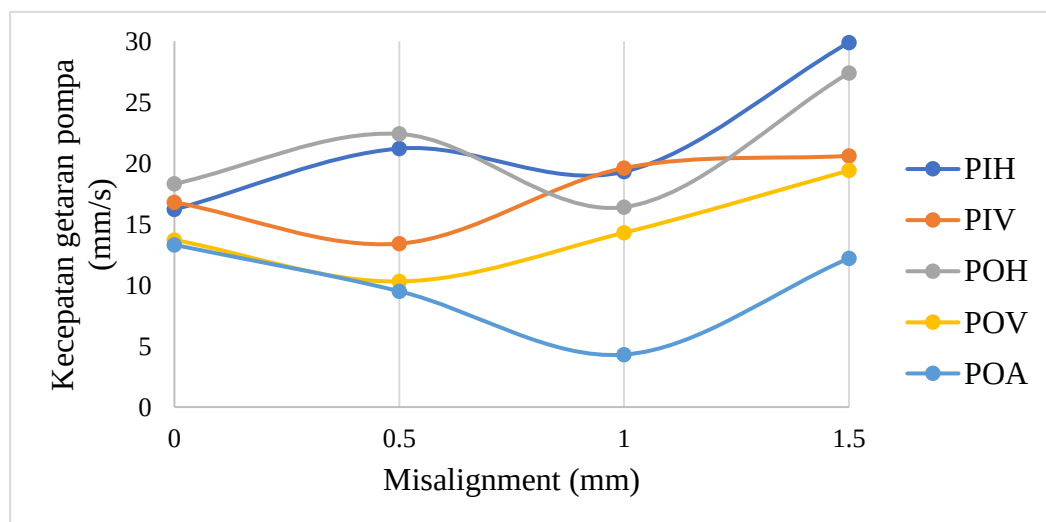
dibandingkan titik lainnya, sehingga kedua titik tersebut merupakan lokasi yang paling terpengaruh oleh kondisi *misalignment*.

4.7.4 Hasil Pengukuran *Misalignment* – Kecepatan getaran Pompa (mm/s)

Hasil pengukuran data *misalignment* – kecepatan getaran pada frekuensi 30, 40, 50 Hz dan variasi *misalignment* 0 mm, 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm ditunjukkan pada tabel dan disertai dengan grafik sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Data *misalignment* - kecepatan getaran pompa 30 Hz

No	<i>Misalignment</i>	Kecepatan getaran Pompa (mm/s)				
		PIH	PIV	POH	POV	POA
1	0	16.2	16.8	18.3	13.7	13.3
2	0.5	21.2	13.4	22.4	10.3	9.5
3	1	19.3	19.6	16.4	14.3	4.3
4	1.5	29.9	20.6	27.4	19.4	12.2



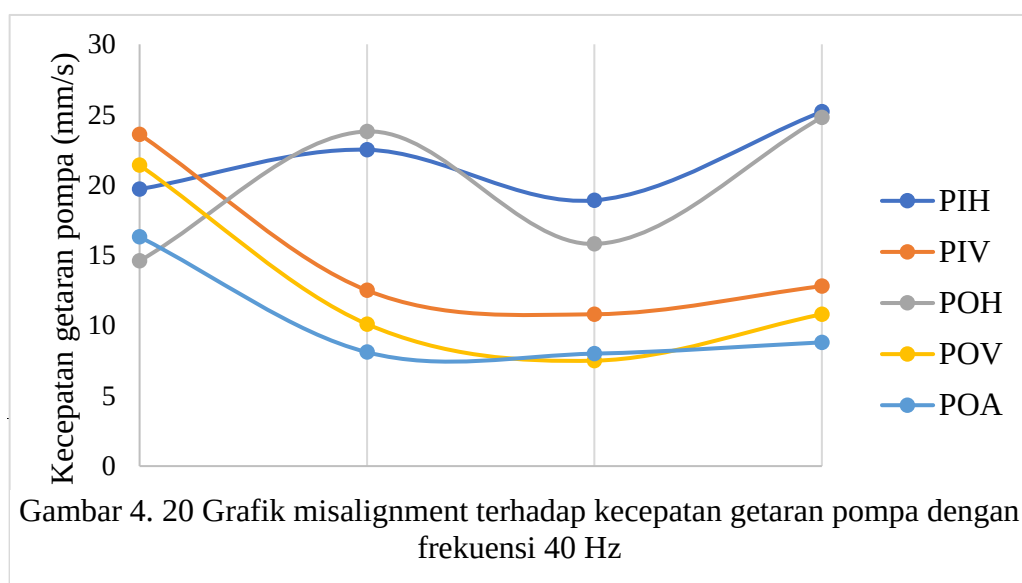
Gambar 4. 19 Grafik *misalignment* terhadap kecepatan getaran pompa dengan frekuensi 30 Hz

Dari gambar 4.18 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment* terhadap

kecepatan getaran pompa dengan frekuensi 30 Hz.

- Pada frekuensi 30 Hz, perubahan *misalignment* menyebabkan nilai kecepatan getaran pompa berubah pada setiap titik pengukuran. Nilai tertinggi terjadi pada PIH sebesar 29,9 mm/s dan POH sebesar 27,4 mm/s saat *misalignment* 1,5 mm.
- Nilai getaran pada PIH dan POH cenderung meningkat seiring bertambahnya *misalignment*, sedangkan POA menurun hingga 4,3 mm/s pada *misalignment* 1 mm sebelum meningkat kembali menjadi 12,2 mm/s pada *misalignment* 1,5 mm.
- Berdasarkan ISO 10816 , sebagian besar nilai kecepatan getaran berada pada Zona D. Hanya POA pada *misalignment* 1 mm (4,3 mm/s) yang berada pada Zona B .
- Titik pengukuran PIH dan POH menunjukkan tingkat getaran paling tinggi, sehingga kedua titik tersebut paling dipengaruhi oleh kondisi *misalignment* dibandingkan titik pengukuran lainnya.

Tabel 4. 18 Data *misalignment* - kecepatan getaran pompa 40 Hz

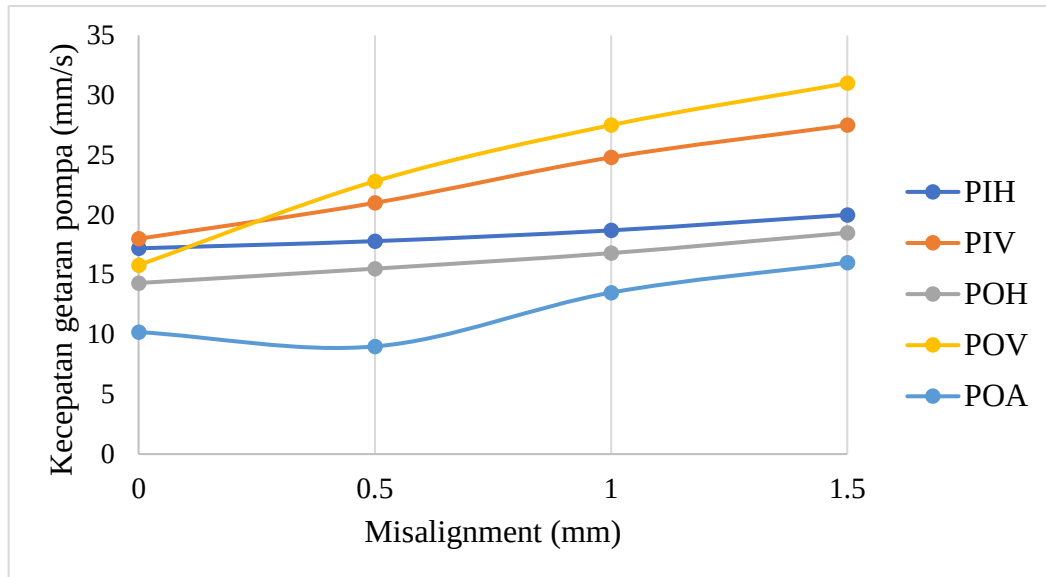


Dari gambar 4.20 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment* terhadap kecepatan getaran pompa dengan frekuensi 40 Hz.

- a. Pada frekuensi 40 Hz, perubahan *misalignment* menyebabkan kecepatan getaran pompa berubah pada setiap titik pengukuran. Nilai tertinggi terjadi pada PIH sebesar 25,2 mm/s dan POH sebesar 24,8 mm/s saat *misalignment* 1,5 mm.
- b. Nilai getaran PIV dan POV cenderung menurun hingga *misalignment* 1 mm, kemudian meningkat kembali pada *misalignment* 1,5 mm. Sebaliknya, PIH dan POH mengalami kenaikan kembali pada *misalignment* terbesar.
- c. Berdasarkan ISO 10816 , sebagian besar nilai kecepatan getaran berada pada Zona D. Hanya POV pada *misalignment* 1 mm (7,5 mm/s) yang berada pada Zona B.
- d. Titik pengukuran PIH dan POH menunjukkan nilai getaran paling tinggi, sehingga menjadi titik yang paling dipengaruhi oleh kondisi *misalignment*.

Tabel 4. 19 Data *misalignment* - kecepatan getaran pompa 50 Hz

No	<i>Misalignment</i>	Kecepatan getaran Pompa (mm/s)				
		PIH	PIV	POH	POV	POA
1	0	17.2	18.0	14.3	15.8	10.2
2	0.5	17.8	21.0	15.5	22.8	9.0
3	1	18.7	24.8	16.8	27.5	13.5
4	1.5	20.0	27.5	18.5	31.0	16.0



Gambar 4. 21 Grafik misalignment terhadap kecepatan getaran pompa dengan frekuensi 50 Hz

Dari gambar 4.21 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment* terhadap kecepatan getaran pompa dengan frekuensi 50 Hz.

- Pada frekuensi 50 Hz, peningkatan *misalignment* menyebabkan kecepatan getaran pompa cenderung meningkat pada seluruh titik pengukuran. Nilai tertinggi terjadi pada POV sebesar 31,0 mm/s dan PIV sebesar 27,5 mm/s saat *misalignment* 1,5 mm.
- Titik PIH dan POH mengalami kenaikan bertahap seiring bertambahnya *misalignment*, yaitu dari 17,2 mm/s menjadi 20,0 mm/s dan 14,3 mm/s menjadi 18,5 mm/s.
- Berdasarkan ISO 10816 , sebagian besar nilai kecepatan getaran berada pada Zona D, kecuali POA sebesar (9,0 mm/s) pada *misalignment* 0,5 mm yang berada pada Zona C.
- Titik pengukuran POV menunjukkan nilai getaran paling tinggi dibandingkan titik lainnya, sehingga menjadi titik yang paling dipengaruhi oleh kondisi

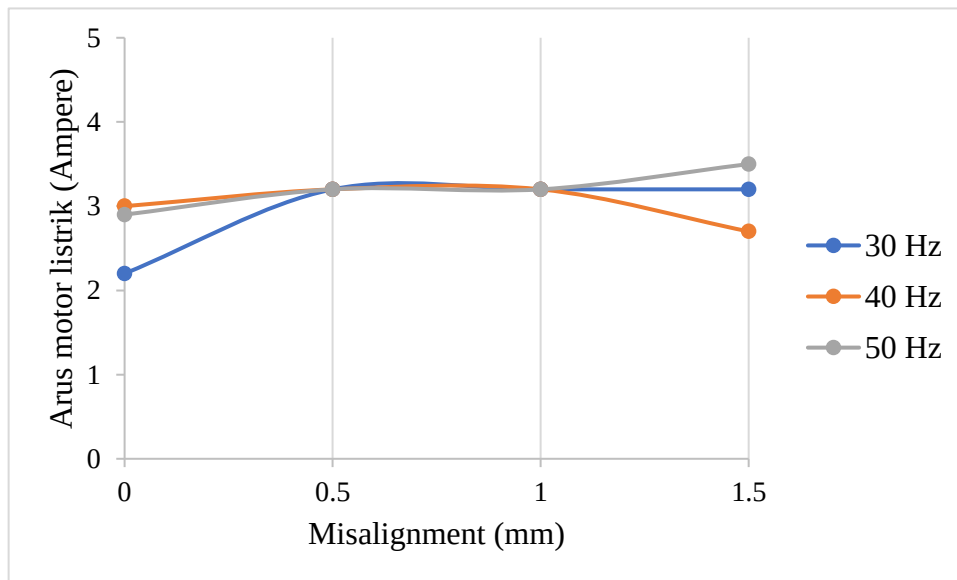
misalignment.

4.7.5 Hasil Pengukuran *Misalignment* – Arus Motor (A)

Hasil pengukuran data *misalignment* – kecepatan getaran pada bukaan katup 30°, 60°, 90° dan variasi *misalignment* 0 mm, 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm ditunjukkan pada tabel dan disertai dengan grafik sebagai berikut:

Tabel 4. 20 Data *misalignment* - Arus motor bukaan katup 30°

No	<i>Misalignment</i>	Arus Motor(A)		
		30 Hz	40 Hz	50 Hz
1	0	2.2	3.0	2.9
2	0.5	3.2	3.2	3.2
3	1	3.2	3.2	3.2
4	1.5	3.2	2.7	3.5



Gambar 4. 22 Grafik *misalignment* terhadap arus motor bukaan katup 30 °

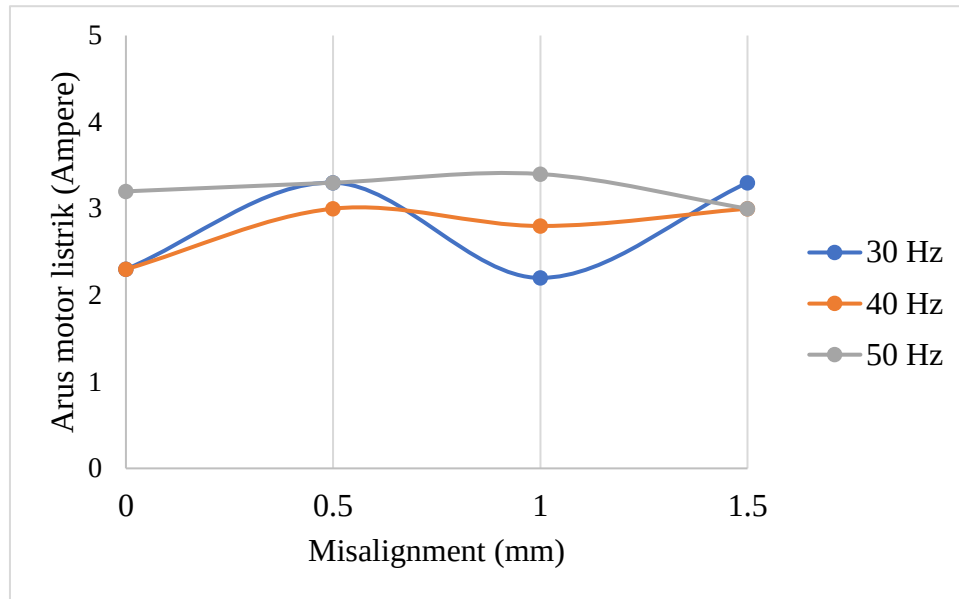
Dari gambar 4.22 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment*

terhadap arus motor dengan bukaan katup 30 ° .

- a. Pada bukaan katup 30 ° arus motor pada frekuensi 30 Hz meningkat dari 2,2 A menjadi 3,2 A pada *misalignment* 0,5 mm dan tetap stabil hingga 1 mm. Pada 1,5 mm, arus masih sebesar 3,2 A.
- b. Pada frekuensi 40 Hz, arus motor relatif konstan sebesar 3,2 A hingga *misalignment* 1 mm, kemudian menurun menjadi 2,7 A pada *misalignment* 1,5 mm.
- c. Pada frekuensi 50 Hz, arus motor tetap 3,2 A hingga *misalignment* 1 mm, kemudian meningkat menjadi 3,5 A pada *misalignment* 1,5 mm, yang menunjukkan pengaruh *misalignment* semakin besar pada frekuensi tinggi.
- d. Secara umum, peningkatan *misalignment* cenderung menyebabkan arus motor meningkat, terutama pada frekuensi 50 Hz, karena motor membutuhkan arus yang lebih besar untuk mengatasi ketidaksejajaran poros.

Tabel 4. 21 Data *misalignment* - Arus motor bukaan katup 60°

No	<i>Misalignment</i>	Arus Motor(A)		
		30 Hz	40 Hz	50 Hz
1	0	2.3	2.3	3.2
2	0.5	3.3	3.0	3.3
3	1	2.2	2.8	3.4
4	1.5	3.3	3.0	3.0



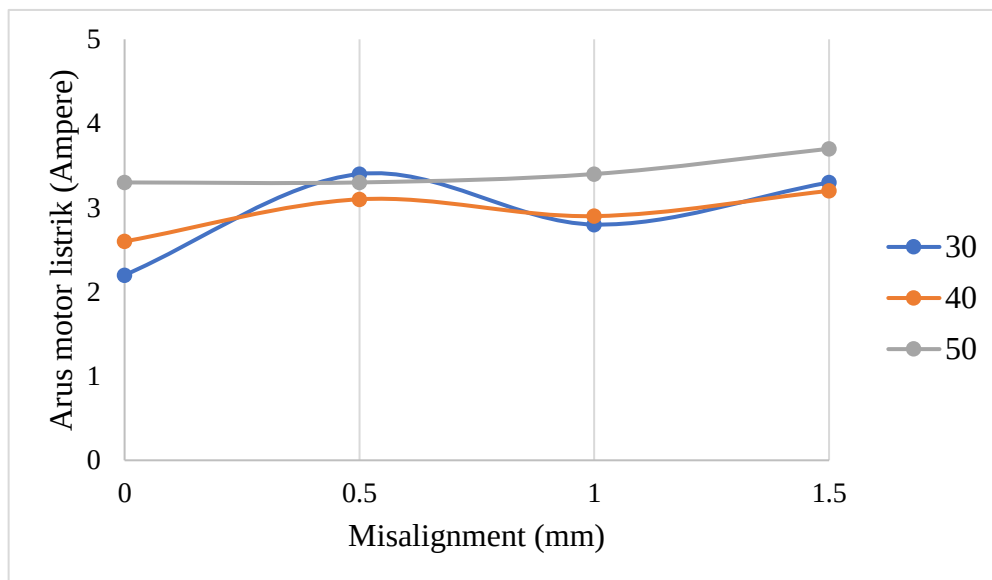
Gambar 4. 23 Grafik misalignment terhadap arus motor bukaan katup 60 °

Dari gambar 4.23 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment* terhadap arus motor dengan bukaan katup 60 °

- Pada bukaan katup 60 ° , arus motor pada 30 Hz berubah dari 2,3 A menjadi 3,3 A pada *misalignment* 0,5 mm, turun menjadi 2,2 A pada 1 mm, kemudian naik kembali menjadi 3,3 A pada 1,5 mm.
- Pada frekuensi 40 Hz, arus motor relatif stabil pada kisaran 2,3–3,0 A. Nilai tertinggi terjadi pada *misalignment* 0,5 mm (3,0 A) dan 1,5 mm (3,0 A).
- Pada frekuensi 50 Hz, arus motor meningkat dari 3,2 A menjadi 3,4 A pada *misalignment* 1 mm, kemudian sedikit menurun menjadi 3,0 A pada 1,5 mm.
- Secara umum, perubahan *misalignment* menyebabkan fluktuasi arus motor, namun kenaikannya tidak terlalu signifikan. Nilai arus tertinggi diperoleh pada 50 Hz dengan *misalignment* 1 mm, yaitu 3,4 A.

Tabel 4. 22 Data *misalignment* - Arus motor bukaan katup 90°

No	<i>Misalignment</i>	Arus Motor(A)		
		30 Hz	40 Hz	50 Hz
1	0	2.2	2.6	3.3
2	0.5	3.4	3.1	3.3
3	1	2.8	2.9	3.4
4	1.5	3.3	3.2	3.7



Gambar 4. 24 Grafik *misalignment* terhadap arus motor bukaan katup 90 °

Dari gambar 4.24 grafik diatas dapat kita ketahui pengaruh *misalignment* terhadap arus motor dengan bukaan katup 90 ° .

- Pada bukaan katup 90°, arus motor pada 30 Hz berubah dari 2,2 A menjadi 3,4 A pada *misalignment* 0,5 mm, turun menjadi 2,8 A pada 1 mm, kemudian meningkat kembali menjadi 3,3 A pada 1,5 mm.
- Pada frekuensi 40 Hz, arus motor mengalami perubahan yang relatif kecil, yaitu dari 2,6 A menjadi 3,2 A Nilai tertinggi terjadi pada *misalignment* 1,5 mm sebesar 3,2 A

- c. Pada frekuensi 50 Hz, arus motor meningkat seiring bertambahnya *misalignment*, dari 3,3 A pada 0 mm menjadi 3,7 A pada 1,5 mm, yang merupakan arus tertinggi pada pengujian ini.
- d. *Misalignment* menyebabkan arus motor cenderung meningkat, terutama pada frekuensi 50 Hz, yang menunjukkan adanya peningkatan beban kerja motor akibat ketidaksejajaran poros.